

젖소 유방염에서 분리한 *Pseudomonas* spp.의 분포 및 항생제 내성 비교

강혜정 · 김하영 · 홍세림 · 박다솜 · 윤순식 · 문진산*

농림축산검역본부 세균질병과

Comparison on prevalence and antimicrobial resistance of *Pseudomonas* spp. isolated from bovine mastitis milk in South Korea

Hye Jeong Kang, Ha-Young Kim, Serim Hong, Dasom Park, Soon-Seek Yoon, Jin-San Moon*

Bacterial Disease Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Gimcheon 39660, Korea

This study was aimed to investigate the prevalence and antimicrobial resistance of *Pseudomonas* spp. isolated from bovine mastitis milk samples. A total of 50 (4.9%) *Pseudomonas* spp. was isolated from 1,023 samples, those collected between 2018 and 2021, derived from 110 dairy farms. The prevalence of the identified species of *Pseudomonas* isolates was as follows; *P. aeruginosa* (70.0%), *P. fluorescens* (14.0%), *P. putida* (10.0%), *P. fragi* (4.0%), and *P. chlororaphis* (2.0%). Most of somatic cell counts in the quarter milk carrying *Pseudomonas* spp. were less than 3,000,000 cell/ml (90.0%). The isolates of *Pseudomonas* spp. showed high susceptibility to cefepime (98.0%), ciprofloxacin (98.0%), ceftazidime (96.0%), and colistin (96.0%). The rate of antibiotic resistance in the isolates was highest to ceftiofur (92.0%), followed by the resistance rate to chloramphenicol (86.0%) and trimethoprim/sulphamethoxazole (80.0%). In addition, there is a remarkable difference in antimicrobial resistance pattern among *Pseudomonas* species. *P. aeruginosa* and *P. putida* showed a similar resistance pattern, whereas *P. fluorescens* showed exceptionally lower resistance to trimethoprim/sulphamethoxazole and chloramphenicol than that of the other species. This study showed that prevalence of *Pseudomonas* spp. other than *P. aeruginosa* were 30.0% in bovine mastitis milk, and the occurrence rate of antibiotic resistance were similar or higher level, compared with the previous reports on the mastitis-derived *Pseudomonas* spp. isolated in Korea.

Received August 24, 2021
Revised September 3, 2021
Accepted September 10, 2021

Corresponding author:

Jin-San Moon

E-mail: moonjs727@korea.kr

https://orcid.org/0000-0003-1057-9450

Key Words: Antimicrobial resistance, Bovine mastitis, *Pseudomonas* spp., Somatic cell count

서론

젖소 유방염은 유선 내의 유방조직에 병원성 미생물 감염으로 인한 염증 반응을 일으키는 질병으로 원유 품질저하에 따른 생산량 감소, 치료 비용, 다른 질병에 대한 감수성 증가, 감염우의 도태 등으로 인해 전 세계적으로 낙농산업에서 큰 경제적 손실을 초래하고 있다(Halasa 등, 2007; Cheng 등, 2020).

유방염은 원인체의 발생 양상에 따라 전염성과 환경성 유방염으로 분류된다. 전염성 유방염은 주로 착유 시 개체간 전염으로 발생하며, 주요 원인균으로는 *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* 등이 있다. 반면에 환경성 유방염 원인균은 대개 젖소의 유방이 아닌 우사 내 깔짚 등에 존재하며 주요 원인균으로는 *Streptococcus uberis*, coliform species, *Pseudomonas* spp. 등이 보고되어 있다(Bogni 등, 2011;

Cheng 등, 2020).

국내 낙농업의 전업화·규모화에 따른 농가별 평균 사육두수가 지속적으로 증가하고 있지만 노동력 부족 등에 의하여 사육 환경이 열악해져 환경 유래 그람 음성균에 의한 유방염이 지속적으로 문제되고 있다(Lee 등, 2007a; Nam 등, 2013). 주요 원인체로는 coliform 중에서는 *E. coli*, *Enterobacter* spp., *Klebsiella* spp. 등이, non-coliforms은 *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Serratia* spp. 등이 보고되었다(Lee 등, 2007a; Nam 등, 2009). 그중에서도 *Pseudomonas* spp.는 목장의 물탱크 벽, 호스, 착유기 라인 등 습한 장소에 존재하며 유선 내 감염은 주로 *P. aeruginosa*에 의한 것으로 보고되고 있다. 이들은 또한 생물막을 형성하여 다양한 항생제에 내성을 갖고 재감염률이 높아 치료에 어려움이 있어 문제가 되고 있다(Park 등, 2014; Kawai 등, 2017).

유방염 치료에 있어서 항생제 투여는 가장 주된 전략이다. 항생제 감수성 양상은 사육환경 여건 및 사양관리 방법 등에 의해 변할 수 있기 때문에 유방염 원인체에 대한 주기적인 항생제 감수성 양상 모니터링이 필요하다(Lee 등, 2007a; Gomes와 Henriques, 2016).

Pseudomonas spp.는 주요 환경성 유방염 원인균임에도 불구하고 국내외에서 발병률을 포함한 항생제 감수성 양상 등에 대한 연구가 *P. aeruginosa*에 집중되어 있으며 *Pseudomonas* spp.에 대한 정보가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지난 4년간 전국 젖소 유방염 분방유에서 분리한 *Pseudomonas* spp.의 유방염 감염 빈도와 체세포수 분포, 항생제 감수성 양상을 조사하였다.

재료 및 방법

대상목장 및 공시재료

2018년 1월에서 2021년 6월까지 경기도, 충청북도, 충청남도, 경상북도 소재 110개 목장에서 유방염 감염 의심 분방유를 채취했다. 70% 알코올로 유두를 소독하고 2~3회 전착유를 실시한 다음 분방유를 무균적으로 채취하여 냉장 상태로 운반한 후 체세포수 검사 및 유방염 원인균 분리에 사용하였다.

체세포수 검사

시료채취 중 오염 등에 의한 위양성 결과를 배제하기 위해 Fossmatic System 4000 (Foss Electric, Hillerød, Den-

mark)으로 분방유의 체세포수를 측정하여 유방염 감염여부를 판단하였다. 본 실험에서는 체세포수(cells/mL)가 20만개 이상인 분방유를 유방염 감염 가능성이 높은 것으로 간주하고 유방염 원인균 분리에 사용하였다.

Pseudomonas spp. 분리 및 동정

National mastitis council (NMC, 2017)의 기준에 따라 분방유 시료에서 유방염 원인균 분리를 실시하였다. 즉, 분방유 시료 10 μ L을 혈액배지 (Komed, Gyeonggi, Korea)에서 37°C, 24~48시간 동안 배양한 후 *Pseudomonas* spp.로 의심되는 집락을 순수 분리하여 MALDI-TOF MS (BioMérieux, Marcy L'Etoile, France)를 이용하여 동정하였다.

항생제 감수성 검사

분리된 *Pseudomonas* spp.를 대상으로 Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI M100, 2019)의 기준에 따라 16종 항생제가 코팅된 KRN5F Sensititre Panel (Trek Diagnostic Systems, Cleveland, OH, USA)을 이용하여 액체배지희석법으로 최소억제농도(Minimum inhibitory concentration, MIC)와 MIC₅₀, MIC₉₀를 측정하였다. 국내 가축에서 사용 빈도가 높거나 사람에게 중요하게 사용되는 16종 항생제를 다음과 같이 포함하였다(amoxicillin/clavulanic acid, ampicillin, cefepime, cefoxitin, ceftazidime, ceftiofur, chloramphenicol, ciprofloxacin, colistin, gentamicin, meropenem, nalidixic acid, streptomycin, sulfisoxazole, tetracycline, trimethoprim/sulphamethoxazole). 항생제 감수성 검사의 quality control 균주로는 *Escherichia coli* ATCC 25922를 사용하였다.

결 과

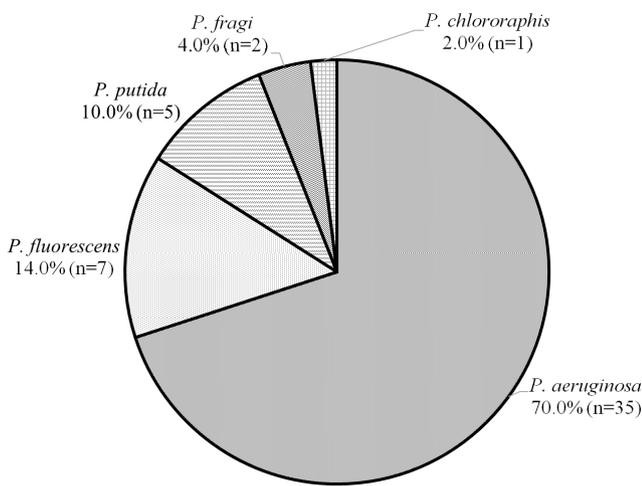
체세포수 검사 결과 체세포수가 20만개 cells/mL 이상인 110개 목장의 1,023개 분방유 중 20개 목장(18.2%)의 분방유에서 *Pseudomonas* spp. 50균주(4.9%)가 분리되었다(Table 1). 전체 50개 분리주 중에서 *P. aeruginosa*가 70.0% (n=35)로 가장 우세하였으며, *P. fluorescens* 14.0% (n=7), *P. putida* 10.0% (n=5), *P. fragi* 4.0% (n=2), *P. chlororaphis* 2.0% (n=1) 순으로 동정되었다(Fig. 1).

Pseudomonas spp. 감염으로 확인된 50개 분방의 체세포

Table 1. Prevalence of *Pseudomonas* spp. isolated from bovine mastitis milk from 2018 to 2021

Year	No. of farms	No. of positive farms (%)	No. of quarter milk samples*	No. of isolates (%)
2018	19	4 (21.1)	154	11 (7.1)
2019	26	2 (7.7)	220	2 (0.9)
2020	32	8 (25.0)	226	12 (5.3)
2021	33	6 (18.2)	423	25 (5.9)
Total	110	20 (18.2)	1,023	50 (4.9)

*Bacterial examination of the quarter milk samples with somatic cell count $\geq 2 \times 10^6$ cells/mL were conducted.

**Fig. 1.** Distribution of *Pseudomonas* spp. (n=50) isolated from bovine mastitis milk.

수(cells/mL) 분포율은 20~50만, 50~100만, 100~300만, 300~500만, 500만 이상이 각각 40.0%, 20.0%, 30.0%, 4.0%, 6.0%로 조사되었다(Table 2). 균종별로 체세포수를 비교한 결과 Non-*P. aeruginosa*는 모두 300만개 cells/mL 미만으로 나타났다.

분리된 *Pseudomonas* spp.는 ceftiofur (92.0%), chloramphenicol (86.0%), trimethoprim/sulphamethoxazole (80.0%)에 높은 내성률을, ampicillin, amoxicillin/clavulanic acid, cefoxitin, sulfisoxazole에 높은 MIC₅₀와 MIC₉₀ 값을 나타내었다. 이에 반하여 cefepime (2.0%), ciprofloxacin (2.0%), ceftazidime (4.0%), colistin (4.0%), meropenem (6.0%), gentamicin (10.0%)에는 낮은 내성률을 보였다(Table 3). 균종별 항생제 내성률 비교에서는 *P. aeruginosa*와 *P. putida*가 유사한 양상을 보였다. Trimethoprim/sulphamethoxazole과 chloramphenicol에 대한 내성률은 *P. aeruginosa*와 *P. putida*는 80.0~100%로 비교적 높게 나타난 반면, *P. fluorescens*는 각각 14.3%와 42.9%로 상대적으로 낮게 나타나 일부 항생제의 경우 종별로 차이를 보였다(Table 4).

세 종류 이상의 antimicrobial subclass에 내성을 가지는 다제내성균의 빈도는 *P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. fluorescens*에서 각각 97.1%, 80.0%, 28.6%로 나타났으며, *P. fragi*와 *P. chlororaphis*에서는 확인되지 않았다(Table 5). Ceftiofur-chloramphenicol-trimethoprim/sulphamethoxazole의 항생제 내성 유형이 *P. aeruginosa*와 *P. putida*에서 각각 85.7% (n=30), 60.0% (n=3)로 우세하게 나타났으며 *P. fluorescens*는 6개의 다양한 유형을 나타내어 중간에 차이가 있는 것으로 조사되었다.

고 찰

본 연구에서 유방염이 의심되는 분방유 시료에서 *Pseudomonas* spp.의 분리를 4.9%를 보여 인도(6.5%)나 탄자니아(9.0%)보다 낮았으며, 알제리(2.5%)보다는 높았다(Saidi 등, 2013; Banerjee 등, 2017; Suleiman 등, 2018). 또한 Kang 등(2001)이 1999년부터 2000년까지 제주에서 0.3%, Lee 등(2007a)이 2001년부터 2004년까지 전국에서 2.3%, Kim 등(2011)이 2009년 경남에서 2.8%, Nam 등(2013)이 2012년 전국에서 2.0%로 조사한 국내의 결과 보다도 본 연구에서 다소 높은 분리율을 나타내었다. 본 연구에서 *Pseudomonas* spp.의 균종별 분포는 *P. aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. putida*, *P. fragi*, *P. chlororaphis* 순으로 각각 70.0%, 14.0%, 10.0%, 4.0%, 2.0%로 조사되었다. 이러한 결과는 인도와 탄자니아뿐 아니라 일본에서도 *Pseudomonas* 유방염의 주된 원인균이 *P. aeruginosa*라는 보고와 유사한 결과를 나타내었다(Banerjee 등, 2017; Kawai 등, 2017; Suleiman 등, 2018). 하지만 국내에서 Nam 등(2013)이 *P. aeruginosa*와 *P. fluorescens*의 분리율이 동일했다는 보고와는 차이를 보였다. 이러한 분리율의 차이는 시료 채취 시기, 젖소의 사양관리 방법 및 환경여건의 변화 등에 의한 것으로 생각된다(Smith와 Hogan, 1993; Nam 등, 2009). 또한 국내의 경우 목장 사육여건 및 환경의 변화와 더불어 유방염 5대 방제 프로그램의 적용에 의해 전염성 유방염

Table 2. Distribution of somatic cell counts involved with *Pseudomonas* spp. isolates (n=50) from bovine mastitis milk

Species	No. of isolates	Distribution of somatic cell count (×1,000 cells)				
		200~500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	>5,000
<i>P. aeruginosa</i>	35	13 (37.1)	5 (14.3)	12 (34.3)	2 (5.7)	3 (8.6)
<i>P. fluorescens</i>	7	3 (42.9)	1 (14.3)	3 (42.9)	0 (0)	0 (0)
<i>P. putida</i>	5	2 (40.0)	3 (60.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>P. fragi</i>	2	2 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>P. chlororaphis</i>	1	0 (0)	1 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Total	50	20 (40.0)	10 (20.0)	15 (30.0)	2 (4.0)	3 (6.0)

보다는 환경성 유방염이 더욱 문제되고 있음을 제시해 준다.

원유의 체세포수는 유방염을 진단하는 유용한 기준으로서 체세포수의 증가는 젖소 유선내 감염과 밀접한 관계가 있다(Bogni 등, 2011). 본 연구에서 *Pseudomonas* spp.가 분리된 분방의 체세포수는 20~50만 cells/mL이 40.0%였으며 일반적인 임상형의 기준인 300만 cells/mL 이상은 10.0%로 조사되었다. 이러한 결과는 국내에서 *Pseudomonas* spp.를 포함한 그람 음성균에 의한 유방염 시료의 체세포수가 300만 cells/mL 이상이 10.8%인 것과 유사한 양상을 보였다(Lee 등, 2007a). 또한 *Pseudomonas* spp.로 인한 유방염은 임상형이 드물고 주로 준임상형이라는 보고를 뒷받침한다(Banerjee 등, 2017; Schauer 등, 2021).

본 연구에서 검사한 16종 항생제 중 ceftiofur, chloramphenicol, trimethoprim/sulphamethoxazole에 대한 *Pseudomonas* spp.의 감수성은 각각 8.0%, 14.0%, 20.0%로 비교적 낮게 나타났다. 또한, MIC₅₀과 MIC₉₀값을 비교했을 때 ampicillin (> 64 µL/mL), amoxicillin/clavulanic acid (> 32 µL/mL), cefoxitin (> 32 µL/mL), sulfisoxazole (> 256 µL/mL)에서 상대적으로 높게 나타나 이들 항생제에 대한 감수성이 낮은 것으로 생각된다. *Pseudomonas* spp. 중에서도 가장 높은 분포를 차지하는 *P. aeruginosa*에 대한 감수성 비율은 미국의 경우 ampicillin, ceftiofur에 각각 0%, 일본의 경우 ceftiofur와 chloramphenicol은 0%, trimethoprim/sulphamethoxazole은 3.4%로서 본 연구와 유사한 양상을 나타내었다(Erskine 등, 2002; Ohnish 등, 2011). *Pseudomonas* spp.에 대한 감수성 비율을 조사한 국내 연구 결과, Lee 등(2007a)이 2001년부터 2004년까지 ampicillin 16.7%, amoxicillin/clavulanic acid 35.7%, chloramphenicol 69.1%, Nam 등(2009)이 2003년부터 2008년까지 ampicillin 6.0%, amoxicillin/clavulanic acid 19.1%, chloramphenicol 27.5%, Kim 등(2011)이 2009년 amoxicillin/clavulanic acid, trimethoprim/sulphamethoxazole에 각각 0%의 감

수성을 보이는 것으로 각각 보고하였다. 위와 같이 국내의 경우 *Pseudomonas* spp.에 대하여 chloramphenicol을 포함한 대부분의 항생제에 대한 감수성이 시간이 지날수록 점차적으로 낮아지고 있는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 국내에서 penicillins, cephalosporins, sulfonamides, aminoglycosides 등의 유방염 연고제 사용의 증가와 밀접한 관련이 있을 것으로 추정된다.

한편, 유방염 원인균은 균종별 항생제 감수성의 차이가 있음이 보고된 바 있다(Lee 등, 2007b; Nam 등, 2010). 본 연구에서 *Pseudomonas* spp.의 항생제 감수성을 균종별로 조사한 바, trimethoprim/sulphamethoxazole과 chloramphenicol에 대하여 *P. aeruginosa*와 *P. putida*는 높은 내성을 보인 반면 *P. fluorescens*는 비교적 낮은 내성을 보였다. 이러한 결과는 젖소 유방염 치료제를 선택할 때 정확한 진단을 통한 원인균의 항생제 감수성 검사를 우선적으로 실시하여 치료효과를 높이고 항생제 오남용을 예방해야함을 뒷받침해준다.

위의 결과를 종합해 볼 때, 우리나라의 경우 2000년대 초반의 연구에 비하여 *Pseudomonas* spp.의 분리율이 높아졌으며, *P. aeruginosa* 이외 다른 *Pseudomonas* 균종의 검출률이 30.0%로 나타났다. *Pseudomonas* spp.에 감염된 분방의 90.0%가 체세포수 300만 cells/mL 미만으로써 대부분이 준임상형 유방염을 보였다. 또한 *Pseudomonas* spp.의 항생제 내성률이 과거에 비해 높았으며 균종별로 내성률에 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 향후에 더 많은 시료를 대상으로 *Pseudomonas* 유방염의 감염경로 규명 및 항생제 내성 획득 경로 등에 대한 체계적인 조사가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 유방염 분방유 시료에서 *Pseudomonas* spp.의 감염빈도 및 체세포수 분포와 균종별 항생제 감수성 양상을 조사하였다. 2018년 1월부터 2021년 6월까지 경기도, 충청북

Table 3. Minimum inhibitory concentration of *Pseudomonas* spp. (n=50) isolated from bovine mastitis milk

Antimicrobial subclass	Antimicrobials	Distribution (%) of isolates (μL/mL)											MIC ₅₀ (μL/mL)	MIC ₉₀ (μL/mL)	MIC Range (μL/mL)	Resistant (%)	
		≤0.12	0.25	0.5	1	2	4	8	16	32	64	128					256
Aminoglycosides	Gentamicin ^a			74.0	16.0					4.0	6.0			1	2	≤1~>64	10.0
	Streptomycin							30.0	40.0	18.0	2.0	10.0		32	128	≤16~>128	ND
	Aminopenicillin			6.0						6.0	88.0			>64	>64	≤2~>64	ND
	β-lactam/β-lactamase Inhibitor combinations	Amoxicillin/Clavulanic acid			8.0				8.0	84.0					>32	≤2~>32	ND
	Carbapenem	Meropenem ^a	48.0	8.0	12.0	16.0	10.0	6.0						0.5	4	≤0.25~>4	6.0
Cephalosporin III	Ceftazidime ^a			42.0	28.0	22.0	2.0	2.0	4.0					2	4	≤1~>16	4.0
	Ceftiofur ^b			6.0	2.0		2.0	90.0						>8	>8	≤0.5~>8	92.0
	Cephalosporin IV	Cefepime ^a	14.0	2.0	36.0	20.0	22.0		4.0	2.0				1	4	≤0.25~>16	2.0
Cephamycin	Cefoxitin			6.0						94.0				>32	>32	≤1~>32	ND
	Fluoroquinolone	Ciprofloxacin ^a	74.0	18.0	6.0				2.0					0.12	0.25	≤0.12~>16	2.0
Folate pathway Inhibitors	Sulfisoxazole							8.0	2.0	2.0	8.0	8.0	72.0	>256	>256	≤16~>256	ND
	Trimethoprim/Sulphamethoxazole ^b	8.0	2.0	2.0	6.0	2.0	44.0	36.0						4	>4	≤0.12~>4	80.0
Phenicol	Chloramphenicol ^b			8.0	4.0			2.0	32.0	40.0	14.0			64	>64	≤2~>64	86.0
	Polymyxins	Colistin ^a			96.0				4.0					2	2	≤2~>16	4.0
Quinolone	Nalidixic Acid			4.0	2.0			12.0	60.0	12.0	2.0	8.0		32	64	≤2~>128	ND
	Tetracyclines	Tetracycline			26.0	4.0		42.0	12.0	8.0	8.0			16	64	≤2~>128	ND

The grey zone represents the tested concentration range of each antimicrobial provided in the KRNV5F plate. MIC breakpoints are indicated by vertical lines according to the guidelines of each reference.

MIC₅₀ and MIC₉₀ concentrations at which the growth of 50 and 90%, respectively, of the isolates is inhibited. ND, not determined.

^aMIC breakpoints for *P. aeruginosa* in accordance with Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI).

^bMIC breakpoint in accordance with Ohnishi et al., 2011.

Table 4. Antimicrobial resistance profiles by species of *Pseudomonas* isolates from bovine mastitis milk

Antimicrobial subclass	Antimicrobials	No. of isolates (%)				
		<i>P. aeruginosa</i> (n=35)	<i>P. fluorescens</i> (n=7)	<i>P. putida</i> (n=5)	<i>P. fragi</i> (n=2)	<i>P. chlororaphis</i> (n=1)
Aminoglycosides	Gentamicin	4 (11.4)	0 (0)	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)
	Streptomycin	-	-	-	-	-
Aminopenicillin β -lactam/ β -lactamase inhibitor combinations	Ampicillin	-	-	-	-	-
	Amoxicillin/Clavulanic acid	-	-	-	-	-
Carbapenem	Meropenem	0 (0)	2 (28.6)	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)
Cephalosporin III	Ceftazidime	0 (0)	2 (28.6)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Ceftiofur	35 (100)	5 (71.4)	5 (100)	0 (0)	1 (100)
Cephalosporin IV	Cefepime	0 (0)	1 (14.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Cepharmycin	Cefoxitin	-	-	-	-	-
Fluoroquinolone	Ciprofloxacin	0 (0)	0 (0)	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)
Folate pathway inhibitors	Sulfisoxazole	-	-	-	-	-
	Trimethoprim/sulphamethoxazole	34 (97.1)	1 (14.3)	5 (100)	0 (0)	0 (0)
Phenicols	Chloramphenicol	35 (100)	3 (42.9)	4 (80.0)	0 (0)	1 (100)
Polymyxins	Colistin	0 (0)	1 (14.3)	0 (0)	1 (50.0)	0 (0)
Quinolone	Nalidixic Acid	-	-	-	-	-
Tetracyclines	Tetracycline	-	-	-	-	-

Table 5. Multidrug resistant and antimicrobial resistance patterns of *Pseudomonas* spp. isolated from bovine mastitis milk

Species	No. of MDR (%)	Antimicrobial resistance pattern	
		Type	No. of isolates (%)
<i>P. aeruginosa</i> (n=35)	34 (97.1)	XNL-CHL	1 (2.9)
		XNL-CHL-SXT	30 (85.7)
		XNL-CHL-GEN-SXT	4 (11.4)
		Pansusceptible	1 (14.3)
<i>P. fluorescens</i> (n=7)	2 (28.6)	COL	1 (14.3)
		XNL	1 (14.3)
		XNL-CHL	2 (28.6)
		FEP-TAZ-XNL-MERO	1 (14.3)
		TAZ-XNL-CHL-MERO-SXT	1 (14.3)
		XNL-SXT	1 (20.0)
<i>P. putida</i> (n=5)	4 (80.0)	XNL-CHL-SXT	3 (60.0)
		XNL-CHL-CIP-GEN-MERO-SXT	1 (20.0)
		Pansusceptible	1 (50.0)
<i>P. fragi</i> (n=2)	0 (0)	COL	1 (50.0)
		XNL-CHL	1 (100)
<i>P. chlororaphis</i> (n=1)	0 (0)	XNL-CHL	1 (100)

MDR, Multidrug resistant (≥ 3 CLSI subclass); FEP, Cefepime; TAZ, Ceftazidime; XNL, Ceftiofur; CHL, Chloramphenicol; CIP, Ciprofloxacin; COL, Colistin; GEN, Gentamicin; MERO, Meropenem; SXT, Trimethoprim/Sulphamethoxazole.

도, 충청남도, 경상북도 소재 110개 목장에서 의뢰된 1,023개의 시료에서 *Pseudomonas* spp. 50균주(4.9%)를 분리하였다. 균종별로는 *P. aeruginosa*가 70.0%로 가장 높은 비율을 차지하

였고 *P. fluorescens*가 14.0%로 그 뒤를 이었다. *Pseudomonas* spp.에 감염된 분방의 체세포수 분포율은 300만 cells/mL 미만인 90.0%로서 대부분이 준임상형 유방염인 것으로 나타

났다. 전체 분리주에 대한 항생제 감수성 검사 결과 ceftiofur, chloramphenicol, trimethoprim/sulphamethoxazole에는 80.0~92.0%로 비교적 높은 내성을 보였고, cefepime, ciprofloxacin, ceftazidime, colistin, meropenem, gentamicin에는 2.0~10.0%로 상대적으로 낮은 내성을 보였다. 항생제 내성 양상은 균종별로 차이가 있는 것으로 나타났으며 그중에서도 *P. fluorescens*와 달리 *P. aeruginosa*와 *P. putida*는 유사한 양상을 보였다. 결론적으로 본 연구에서 *P. aeruginosa* 이외의 *Pseudomonas* spp.가 30.0% 분리되었으며, 이들의 항생제 내성은 *P. aeruginosa*와 비슷하거나 낮게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림축산검역본부의 농림축산검역검사기술개발사업(과제명: 젖소 유방염 원인균 및 항생제 감수성 양상 조사, N-1543081-2017-36-01)의 연구비 지원에 의해 수행되었다.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Hye Jeong Kang, <https://orcid.org/0000-0002-4478-0147>
Ha-Young Kim, <https://orcid.org/0000-0002-1332-3832>
Serim Hong, <https://orcid.org/0000-0001-8005-8744>
Dasom Park, <https://orcid.org/0000-0001-8157-066X>
Soon-Seek Yoon, <https://orcid.org/0000-0003-0908-8785>
Jin-San Moon, <https://orcid.org/0000-0003-1057-9450>

REFERENCES

- Banerjee S, Batabyal K, Joardar SN, Isore DP, Dey S, Samanta I, Samanta TK, Murmu S. 2017. Detection and characterization of pathogenic *Pseudomonas aeruginosa* from bovine subclinical mastitis in West Bengal, India. *Vet World* 10: 738.
- Bogni C, Odierno L, Raspanti C, Giraudo J, Larriestra A, Reinoso E, Lasagno M, Ferrari M, Ducros E, Frigerio C, Bettera S, Pellegrino M, Frola I, Dieser S, Vissio C. 2011. War against mastitis: Current concepts on controlling bovine mastitis pathogens. *Science against microbial pathogens: Communicating current research and technological advances* 483-494.
- Cheng WN, Han SG. 2020. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments—A review. *Asian-Australas J of Anim Sci* 33: 1699.
- CLSI (Clinical and laboratory Standards Institute). 2019. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; 29th edition. CLSI document M100. 29th ed. CLSI, Wayne, PA.
- Erskine R, Walker R, Bolin C, Bartlett P, White D. 2002. Trends in antibacterial susceptibility of mastitis pathogens during a seven-year period. *J Dairy sci* 85: 1111-1118.
- Gomes F, Henriques M. 2016. Control of bovine mastitis: old and recent therapeutic approaches. *Curr Microbiol* 72: 377-382.
- Halasa T, Huijps K, Østeras O, Hogeveen H. 2007. Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: a review. *Vet Q* 29: 18-31.
- Kang HJ, Kim IC, Kim JH, Son WG, Lee DS. 2001. Identification and antimicrobial susceptibility of microorganisms isolated from bovine mastitic milk. *Korean J Vet Res* 41: 511-521.
- Kawai K, Shinozuka Y, Uchida I, Hirose K, Mitamura T, Watanabe A, Kuruhara K, Yuasa R, Sato R, Onda K, Nagahata H. 2017. Control of *Pseudomonas* mastitis on a large dairy farm by using slightly acidic electrolyzed water. *Anim Sci J* 88: 1601-1605.
- Kim SE, Hah DY, Jang EH, Kwon HN, Jo SS, Kwon YT, Park DY, Lee KC, Kim JS. 2011. Survey of mastitis management and incidence of mastitis in high somatic cell count of bulk milk at dairy farms in the Gyeongnam. *Korean J Vet Serv* 34: 349-388.
- Lee ES, Kang HM, Chung CI, Moon JS. 2007a. Antimicrobial susceptibility and prevalence of gram-negative bacteria isolated from bovine mastitis. *Korean J Vet Res* 47: 67-75.
- Lee G, Kang HM, Chung CI, Moon JS. 2007b. Antimicrobial susceptibility and genetic characteristics of

- Streptococcus uberis* isolated from bovine mastitis milk. Korean J Vet Res 47: 33-41.
- Nam HM, Lim SK, Kang HM, Kim JM, Moon JS, Jang KC, Kim JM, Joo YS, Jung SC. 2009. Prevalence and antimicrobial susceptibility of gram-negative bacteria isolated from bovine mastitis between 2003 and 2008 in Korea. J Dairy Sci 92: 2020-2026.
- Nam HM, Lim SK, Jang GC, Joung DY, Kim HJ, Lee CS, Jung SC. 2013. Culture results from quarter milk samples submitted to veterinary diagnostic laboratories during January~November 2012 in Korea. Prev Vet Med 37: 111-119.
- Nam HM, Lim SK, Moon JS, Kang HM, Kim JM, Jang KC, Kim JM, Kang MI, Joo YS, Jung SC. 2010. Antimicrobial resistance of enterococci isolated from mastitic bovine milk samples in Korea. Zoonoses Public Health 57: e59-64.
- NMC (National Mastitis Council). 2017. Laboratory Handbook on Bovine Mastitis, 3rd ed. New Prague: NMC, USA.
- Ohnishi M, Sawada T, Hirose K, Sato R, Hayashimoto M, Hata E, Yonezawa C, Kato H. 2011. Antimicrobial susceptibilities and bacteriological characteristics of bovine *Pseudomonas aeruginosa* and *Serratia marcescens* isolates from mastitis. Vet Microbiol 154: 202-207.
- Park HR, Hong MK, Hwang SY, Park YK, Kwon KH, Yoon JW, Shin S, Kim JH, Park YH. 2014. Characterisation of *Pseudomonas aeruginosa* related to bovine mastitis. Acta Vet Hung 62: 1-12.
- Saidi R, Khelef D, Kaidi R. 2013. Subclinical mastitis in cattle in Algeria: frequency of occurrence and bacteriological isolates. J S Afr Vet Assoc 23;84: E1-5.
- Schauer B, Wald R, Urbantke V, Loncaric I, Baumgartner M. 2021. Tracing Mastitis Pathogens—Epidemiological Investigations of a *Pseudomonas aeruginosa* Mastitis Outbreak in an Austrian Dairy Herd. Animals 11: 279.
- Smith KL, Hogan JS. 1993. Environmental mastitis. Vet Clin North Am Food Anim Pract 9: 489-498.
- Suleiman T, Karimuribo E, Mdegela R. 2018. Prevalence of bovine subclinical mastitis and antibiotic susceptibility patterns of major mastitis pathogens isolated in Unguja island of Zanzibar, Tanzania. Trop Anim Health Prod 50: 259-266.